

УДК 691

DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-38-43](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-38-43)

### ***Теоретические и экспериментальные исследования***

#### **Проектирование коротковолновых радиопередающих антенн в особых климатических условиях**

**Белаш Татьяна Александровна<sup>1</sup>, Сафин Родион Романович<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

**Аннотация:** *Введение.* Показана актуальность выбранной темы. Рассмотрен расчет коротковолновой радиопередающей антенны, установленной на коммуникационном сооружении связи в виде мачты на оттяжках. Площадка строительства характеризуется большими значениями ветрового давления, сейсмичностью 9 баллов и грунтами III категории.

*Цель.* Целью расчета является проверка стойки и оттяжек типовой мачты, предоставленной заводом с учетом характеристик площадки строительства и оценка ее сейсмостойкости.

*Материалы и методы.* Расчет выполнен в программе автоматизированного проектирования САД. Сейсмическое воздействие задано автоматически с использованием возможностей программного обеспечения. Графики коэффициента динамичности приняты по СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах».

*Результаты.* Стойка мачты и оттяжки имеют необходимый запас по прочности и устойчивости и допускаются к установке на площадке с имеющимися климатическими условиями. Сейсмическая нагрузка оказала меньшее влияние, чем комбинация ветровой и гололедной нагрузки.

*Выводы.* Ветровая нагрузка и сочетание ветровой и гололедной нагрузок с большей вероятностью будут определять конструкцию коммуникационных сооружений, чем сейсмические эффекты. Мачты относительно легкие (расчетные силы ветра будут больше сил гравитации) и поскольку их масса более или менее линейно распределена по их высоте, силы боковой инерции, порождаемые сейсмическими возбуждениями этой распределенной массы, будут не такими значительными, как силы ветра.

**Ключевые слова:** коммуникационные сооружения связи, антенно-мачтовые сооружения, мачты связи

**Для цитирования:** Белаш Т.А., Сафин Р.Р. Проектирование коротковолновых радиопередающих антенн в особых климатических условиях // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2023. № 1. С.38–43.

DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-38-43](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-38-43)

### ***Theoretical and experimental studies***

#### **Design of short-wave radio transmitting antennas in special climatic conditions**

@ Белаш Т.А., Сафин Р.Р., 2023

Tatiana A. Belash<sup>1</sup>, Rodion R. Safin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Central Research Institute of Building Structures (TSNIISK) named after V.A. Kucherenko of JSC "SIC "Construction". Moscow, Russian Federation

**Abstract:** *Introduction.* The relevance of the chosen topic is shown. The calculation of a short-wave radio transmitting antenna installed on a communication structure in the form of a mast on guy wires is considered. The construction site is characterized by high values of wind pressure, seismicity of 9 points and soils of category III.

*Goal.* The purpose of the calculation is to check the rack and guy ropes of a typical mast provided by the plant, taking into account the characteristics of the construction site and to assess its seismic resistance.

*Materials and methods.* The calculation was performed in the computer-aided design program SCAD. The seismic impact is set automatically using the capabilities of the software. Graphs of the dynamism coefficient were adopted according to SP 14.13330.2018 Construction in seismic areas.

*Results.* The mast stand and the guy ropes have the necessary margin of strength and stability and are allowed to be installed on a site with existing climatic conditions. The seismic load had less impact than the combination of wind and ice load.

*Conclusions.* Wind load and the combination of wind and ice loads are more likely to determine the design of communication structures than seismic effects. The masts are relatively light (the calculated wind forces will be greater than the gravitational forces) and since their mass is more or less linearly distributed over their height, the lateral inertia forces generated by seismic excitations of this distributed mass will not be as significant as the wind forces.

**Keywords:** communication structures, antenna-mast structures, communication masts

**For citation:** Belash T.A., Safin R.R. Design of short-wave radio transmitting antennas in special climatic conditions. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2023, no. 1, pp. 38–43 (In Russian) DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-38-43](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-38-43)

## Введение

Несмотря на бурное развитие мобильной связи, существуют такие места, в которых отсутствует даже радиосигналы. На обширных территориях России, где плотность населения невелика, можно найти немало таких мест. Появление коротковолновых радиопередающих антенн в таких районах обусловлено необходимостью радиопередачи сигналов в военных и гражданских целях, таких как оповещение населения о чрезвычайных происшествиях, работы скорой помощи, работы военной инфраструктуры и т.д. В данной статье рассмотрено проектирование коротковолновой радиопередающей антенны ВМ-230 на территории острова Сахалин. Антенна ВМ-230 совместно работает с радиопередатчиками и излучает горизонтальную составляющую электрического поля. Антенна используется в системе радиочастот как радиопередающая, так и радиоприемная. Антенна ВМ-230 сконструирована в виде вертикального пространственного излучателя, состоящего из проволочных вибраторов. Геометрическая форма излучателя обеспечена двумя кольцами из стальных труб, которые размещены сверху и снизу опорной мачты, и распорным кольцом, расположенным на центральной части опорной мачты. Среднее кольцо жестко фиксируется в пространстве системой оттяжек. Опорная мачта собрана из секций. Горизонтальную жесткость мачты обеспечивают три уровня оттяжек. Общая схема антенны ВМ-230 показана на рис. 1, подобный построенный объект на местности показан на рис. 2.

В качестве особых климатических условий на площадке строительства можно отметить сейсмичность площадки строительства равную 9 баллов по карте А [1], а также III категорию грунтов по сейсмическим свойствам согласно таблице 8.1 [1].

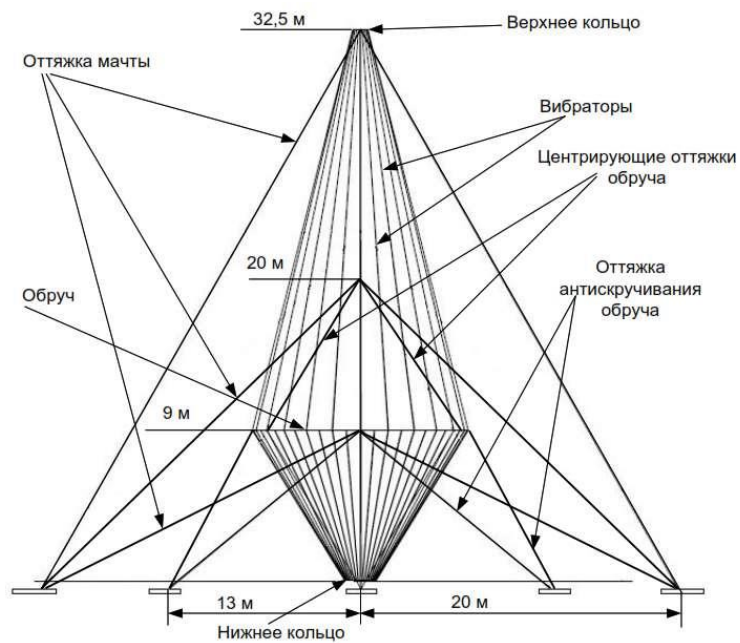


Рисунок 1 – Схема радиопередающей антенны VM-230

Figure 1 – Diagram of the VM-230 radio transmitting antenna



Рисунок 2 – Антенна VM-230 на местности [2]

Figure 2 – VM-230 antenna on the ground [2]

## Цель, материалы и методы

Целью расчета является проверка стойки и оттяжек типовой мачты, предоставленной заводом с учетом характеристик площадки строительства. Также целью является ответ на вопрос, попадет ли сейсмическая нагрузка в расчетное сочетание и будут ли напряжения в элементах от данной нагрузки больше, чем от комбинации гололеда и ветра. Расчет стойки проведен по первому (по прочности) и второму (по устойчивости) предельным состояниям. Стойка рассчитана как пространственная консольно-стержневая система в программном комплексе «SCAD Office 21.5». Элементы антенны ВМ-230 не моделировались вместе с мачтой, ветровая нагрузка на вибраторы и обручи антенны прикладывалась к мачте в местах крепления обручей.

## Результаты

Расчетным сочетанием при определении усилий в элементах мачты и оттяжках является сочетание 25% ветровой нагрузки на покрытые гололедом элементы конструкции мачты, оттяжек и элементы антенны ВМ-230 + нагрузка от собственного веса конструкций опоры и элементов антенны ВМ-230 + гололедная нагрузка. Величины продольных усилий от расчетной комбинации показаны на рис. 3. Перемещения ствола мачты от комбинации нормативных нагрузок показаны на рис. 4.

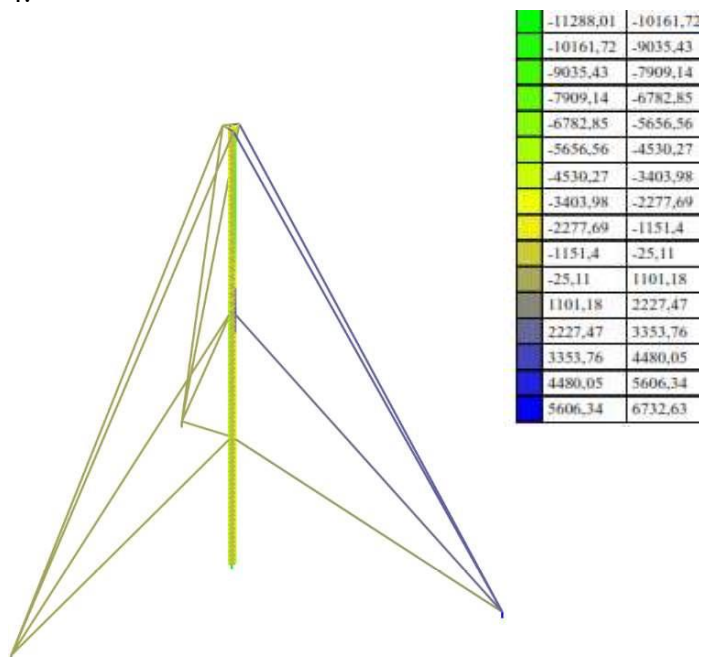


Рисунок 3 – Величины продольных усилий в элементах мачты и оттяжках от РСУ

Figure 3 – The values of longitudinal forces in the mast elements and the cables from the calculation efforts combinations

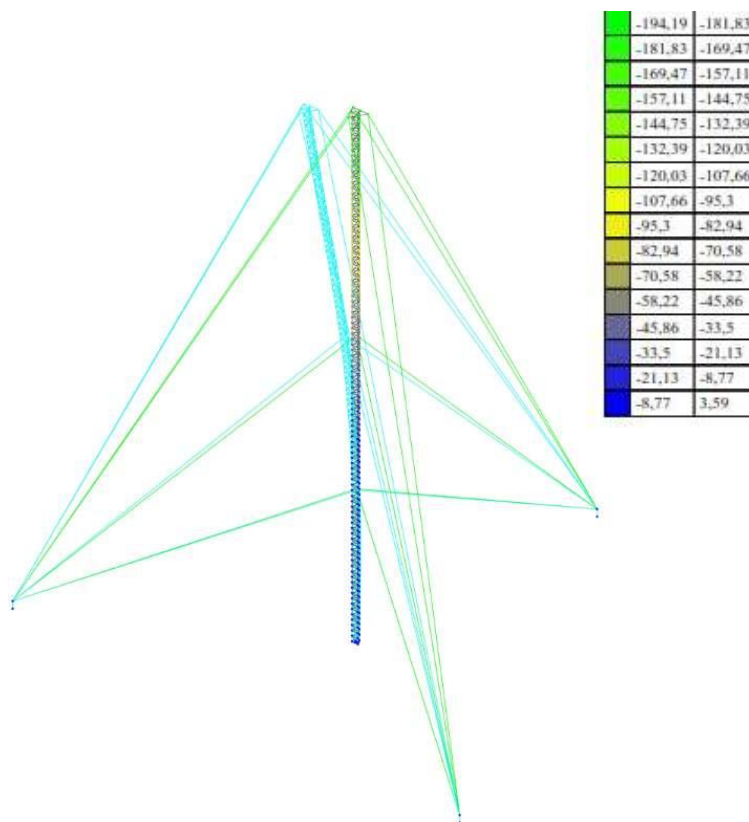


Рисунок 4 – Величины перемещений элементов от комбинации нормативных значений нагрузок

Figure 4 – Values of element displacements from a combination of standard load values

Сейсмические воздействия, к счастью, редко становятся причиной обрушения башен и мачт. Ветровая нагрузка и сочетание ветровой и гололедной нагрузок с большей вероятностью будут определять конструкцию коммуникационных сооружений, чем сейсмические эффекты. Хотя было много случаев разрушений сооружений из-за экстремального ветра и/или гололеда, но в связи с землетрясениями были только единичные случаи. Правильно спроектированные сооружения должны противостоять умеренным землетрясениям без значительных повреждений и крупным землетрясениям без обрушения. На сейсмическую чувствительность сооружения влияет совпадение между ее доминирующими собственными частотами и частотным содержанием возбуждения, в данном случае движения грунта. Прошлые записи землетрясений имеют типичные доминирующие частоты в диапазоне от 0,1 до 10 Гц, с концентрацией от 0,3 до 3 Гц для горизонтального движения, в то время как вертикальное движение включает более широкий диапазон частот. Таким образом, первым шагом в оценке чувствительности конструкции к землетрясениям является оценка ее доминирующих собственных частот. В рассмотренной конструкции доминирующая собственная частота равна 2 Гц. Большинство мачт имеют свои собственные частоты в пределах чувствительного диапазона, однако сейсмические эффекты вряд ли будут определять решающее значение. Мачты относительно легкие (расчетные силы ветра будут больше сил гравитации) и поскольку их масса более или менее линейно распределена по их высоте, силы боковой инерции, порождаемые сейсмическими возбуждениями этой распределенной массы, будут не такими значительными, как силы ветра. Разрушение крепления ствола и оттяжки может быть потенциально важным сейсмическим эффектом в мачтах. Это может произойти, когда вертикальное движение земли сочетается с обычным горизонтальным движением при условии, что существует частотное

совпадение между частотами ствола и частотами оттяжки мачты, если такие режимы существуют.

## Выводы

1. В результате исследования установлено, что принятое конструктивное решение коммуникационного сооружения обеспечивает его сейсмостойкость при 9 баллах.
2. Наибольшее влияние на прочность и устойчивость коммуникационного сооружения, проектируемого в сейсмическом районе, оказывает сочетание ветровой и гололедной нагрузок.

## Список литературы

1. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*
2. Развитие Архангельским филиалом объектов портовой инфраструктуры и флота // Росморпорт URL: [https://www.rosmorport.ru/filials/arf\\_developmentofports/](https://www.rosmorport.ru/filials/arf_developmentofports/) (дата обращения: 17.04.2023).

## References

1. SP 14.13330.2018. Svod pravil. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonakh. Aktualizirovannaya redakciya SNIP II-7-81\*
2. Razvitie Arkhangel'skim filialom ob"ektov portovoj infrastruktury i flota. Rosmorport URL: [https://www.rosmorport.ru/filials/arf\\_developmentofports/](https://www.rosmorport.ru/filials/arf_developmentofports/) (data obrashcheniya: 17.04.2023).

## Информация об авторах/Information about authors

**Белаш Татьяна Александровна**, доктор технических наук, советник РААСН, профессор кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы» АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

**Tatiana A. Belash**, Dr. Sci. (Engineering), advisor of the RAACS, professor of the "Building structures, constructions and materials" department of JSC "SIC "Construction". Moscow, Russian Federation

**Сафин Родион Романович**, аспирант, АО «НИЦ «Строительство», главный конструктор по новым разработкам ГК «Новые Башни». Москва, Российская Федерация

**Rodion R. Safin**, postgraduate student of JSC "SIC "Construction", chief designer for new developments of Group of companies "New towers". Moscow, Russian Federation